

1° *La flore des Alpes, avec ses 160 espèces étrangères à la Scandinavie, ne saurait avoir été formée par des colonies venues des contrées arctiques ; elle est autochtone.*

2° *La florule montagnarde de Paris n'est pas descendue des Alpes ; elle aussi est aborigène et réduite aux espèces qui ont pu se maintenir dans certaines stations offrant des conditions compatibles avec leur existence.*

3° *L'origine de la plupart des plantes actuelles de l'Europe, celle notamment des Corolliflores, de toutes les plus élevées dans l'échelle des végétaux, ne remonte pas au delà des terrains quaternaires.*

4° *Il y a eu pour les végétaux successivité et pluralité de créations.*

RECHERCHES SUR LA FORMATION DU BOIS PARFAIT DANS LES ESSENCES
FEUILLUES, par **M. Émile MER** (1).

Le cœur, duramen ou bois parfait, est la région centrale de l'arbre qui se distingue de la région périphérique ou aubier par une coloration plus foncée et des qualités industrielles spéciales : résistance à la flexion et à l'écrasement, incorruptibilité. Mais, s'il est certaines essences dans lesquelles le cœur est très apparent (Chêne, Châtaignier, Robinier, Noyer, Pin, Mélèze, Orme, Frêne), il en est d'autres où cette région est peu distincte, où les dimensions en sont variables et le contour mal défini. Aussi a-t-on souvent nié l'existence du cœur dans ces essences (Hêtre, Charme, Érable, Sapin, Épicéa), d'autant plus qu'au point de vue des usages industriels, le bois du centre et celui de la périphérie possèdent des qualités presque identiques. Toutefois, même dans ces essences, si l'on examine avec soin des sections fraîches et unies, pratiquées sur des individus suffisamment âgés, il est presque toujours possible de reconnaître que la partie centrale possède une teinte un peu plus foncée, appréciable surtout à la base des arbres. C'est ainsi que, sur un Sapin récemment abattu, on constate que la surface de section est fréquemment d'une teinte plus vive à une certaine distance du bord. Les contours de cette zone sont sinueux, mais nets. Cette différence de coloration est plus apparente encore sur les copeaux d'abatage. Elle augmente si l'on rabote la surface de section, mais diminue par la dessiccation. De plus on constate que la partie centrale du Sapin diffère aussi quelque peu de l'aubier par ses propriétés techniques. C'est ainsi qu'elle se laisse moins pénétrer par les substances qu'on y injecte. Le bois parfait semble donc exister en général, quoique à des degrés divers, dans nos essences indigènes.

(1) Voyez plus haut, p. 181.

Les recherches dont je vais rendre compte ont eu pour but d'établir les caractères distinctifs du bois parfait et les conditions de sa formation, de reconnaître enfin à quel degré ces caractères varient dans les diverses essences.

Quelquefois, parmi celles qui passent pour n'avoir pas de duramen, on remarque une partie centrale assez vivement colorée en brun ou orange (Hêtre, Poirier, Cerisier). Ce bois n'étant pas apprécié par l'industrie, on ne le regarde pas comme constituant un cœur véritable. La coloration est attribuée à une altération. De quelle nature est-elle ? C'est ce que j'ai cherché à préciser.

PREMIÈRE PARTIE.

DU BOIS PARFAIT DANS LES ESSENCES FEUILLUES.

I

Caractères distinctifs du bois parfait.

Ne m'occupant, pour commencer, que des arbres à cœur très distinct, j'ai voulu élucider les points suivants :

1° Le bois parfait a-t-il la même structure que l'aubier ? C'est-à-dire les éléments ligneux acquièrent-ils, dès la première année, leur forme et leurs dimensions définitives ?

2° La constitution des membranes, pour chaque sorte d'élément, est-elle différente dans ces deux régions ? C'est-à-dire la transformation de la cellulose en lignine est-elle plus complète dans le cœur que dans l'aubier, ainsi qu'on l'a prétendu ?

3° Les parois des éléments composant le bois parfait sont-elles, comme on l'a dit, imprégnées d'une matière colorante ?

1° On peut dire que généralement, du moins en ce qui concerne les tiges, la structure du cœur est la même que celle de l'aubier. L'examen microscopique ne laisse apercevoir aucune différence ni dans la forme des éléments, ni dans l'épaisseur de leur paroi. Pour acquérir cette certitude, il est indispensable de comparer bois de printemps à bois de printemps, bois d'automne à bois d'automne. On sait, en effet, que la structure de ces zones varie, soit par les dimensions des éléments et le calibre de leur lumen, soit par leur nature et leur répartition. Le Sapin, par exemple, ayant une croissance très lente dans les vingt premières années, forme pendant ce temps un tissu presque uniquement composé de bois d'automne. Ultérieurement, la végétation devenant plus active,

la proportion de bois de printemps augmente, et quand l'arbre est parvenu à la période du plus grand accroissement, les couches annuelles sont presque exclusivement formées de bois de printemps. Quand il entre ensuite dans la phase descendante de sa croissance, la proportion de bois de printemps diminue de nouveau. Or les trachéides du bois d'automne ayant les parois plus épaisses et un lumen plus étroit, il en résulterait, si l'on ne tenait pas compte de la circonstance précédente, qu'en comparant le tissu de la partie centrale à celui de la partie périphérique dans un Sapin de quatre-vingts ans, par exemple, ou de la partie moyenne dans un Sapin de cent cinquante ans, on pourrait croire que les trachéides en vieillissant ont épaissi leurs parois, ce qui n'est pas. Dans le Chêne, la végétation étant active dès la jeunesse et la proportion de bois d'automne étant d'autant plus forte que la croissance est plus rapide, la région centrale est aussi, mais par une cause tout opposée, comme on le voit, principalement constituée par du bois d'automne. Quand la végétation se ralentit, vers l'âge de quatre-vingts ans, le tissu est surtout formé de bois de printemps, riche en vaisseaux et en parenchyme ligneux. Dans cette essence les éléments du bois de printemps et d'automne étant différents, on ne peut supposer que l'aubier, en passant à l'état de cœur, les a transformés. Mais cette conclusion n'est pas aussi évidente à priori pour les résineux, dont le bois n'est formé, à part les rayons, que d'une seule sorte d'éléments.

Dans l'examen comparatif de la structure de l'aubier et du cœur, il faut en outre avoir soin de choisir de part et d'autre des couches annuelles de même épaisseur, car non seulement les dimensions des éléments, mais encore leur nature, varient suivant l'épaisseur de ces couches. C'est ainsi que dans le Chêne, dans l'Orme, etc., il y a plus de vaisseaux, de parenchyme ligneux et moins de fibres dans les couches minces, et que dans les Conifères les trachéides sont dans ces mêmes couches plus petites, ont des parois plus épaisses et un lumen plus étroit.

2° Ce n'est pas seulement la structure des éléments qui est semblable dans le cœur et dans l'aubier. La lignification paraît aussi y exister au même degré. Pour déceler la présence de la lignine et de la cellulose dans une membrane cellulaire, nous avons à notre disposition plusieurs réactifs : chloroiodure de zinc, iode et acide sulfurique, picro-bleu (acide picrique et bleu d'aniline). Or ces divers réactifs donnent la même coloration au cœur qu'à l'aubier. Quand le liber est traité par le picro-bleu, les parois des cellules libériennes et des tubes grillagés se colorent en bleu, celles des fibres libériennes en jaune. Employé sur le bois, ce réactif colore les membranes en jaune avec une égale intensité, qu'il s'agisse du cœur ou de l'aubier. Si, pour dissoudre la lignine, on dépose une goutte de potasse sur des sections de bois de Chêne pratiquées dans

le cœur et dans l'aubier et si on laisse le réactif agir pendant le même temps, très court d'ailleurs, on remarque que la coloration bleue acquise ensuite par les parois des fibres sous l'action du chloroiodure de zinc est d'égale intensité dans les deux régions : la lignine a donc disparu aussi rapidement de chacune d'elles. On doit conclure de ces diverses réactions que la lignification est égale de part et d'autre.

3° Quand on examine des coupes un peu épaisses d'aubier et de cœur, on constate une différence de coloration, variable suivant les essences, mais toujours assez sensible. Les fibres du cœur sont colorées en jaune, jaune-orange, jaune brun, brun roux, tandis que celles de l'aubier apparaissent très faiblement teintées. Cette nuance particulière aux fibres du bois parfait est-elle due à la présence d'une matière colorante ? Si l'on fait macérer pendant plusieurs heures dans l'alcool concentré des sections de cœur de Chêne, on n'observe ensuite aucune diminution dans l'intensité de la coloration. Il ne semble donc pas qu'il y ait là, comme on l'a cru, une matière colorante.

Quelle est alors la cause de cette coloration du bois ? Quand une coupe est pratiquée dans l'aubier ou le cœur d'un bois frais ou humecté avant le passage du rasoir, cette coupe acquiert une teinte bleuâtre plus ou moins foncée. La présence du tannin est par là révélée. Jusqu'à ces derniers temps on n'a tiré de ce fait aucune application. Il était, en effet, assez difficile par ce simple essai, de reconnaître la différence entre les quantités de tannin pouvant exister dans les deux régions. Mais depuis quelques années on a constaté, grâce à des procédés analytiques délicats, que les bois de Châtaignier et de Chêne renferment presque autant de tannin que l'écorce, de laquelle on le retirait presque uniquement jusque-là (1). L'industrie s'est emparée de cette découverte, et il existe actuellement des usines dans lesquelles on épuise par l'eau bouillante, pour en retirer le tannin, les bois de Chêne et de Châtaignier, découpés préala-

(1) Voyez *Répartition du tannin dans les diverses régions du bois de Chêne* (Henry, *Annales de la science agronomique*, 1886).

Voici quelques chiffres extraits du mémoire de M. Henry :

Tannin dans diverses parties du tronc.

Aubier.....	0,90
Bois parfait périphérique.....	6,50
— moyen.....	5,55
— central.....	5,65
Écorce.....	8,46

Tannin dans les grosses branches.

	Inférieures.	Supérieures
Écorce.....	5,69	7,79
Aubier.....	2,01	1,80
Bois parfait.....	6,14	9,53

blement en copeaux à l'aide de puissantes machines. On emploie de préférence les grosses branches, plus riches en tannin et d'un prix moins élevé. Mais, si l'on était parvenu à découvrir que le tannin existe dans le cœur de certains bois en quantité assez considérable pour qu'il fût possible de l'extraire industriellement, on ignorait dans quels éléments cette substance se trouve plus spécialement distribuée. C'est ce que j'ai cherché à établir.

Pour bien faire comprendre la répartition du tannin dans le bois de Chêne (*Q. pedunculata* et *sessiliflora*), qui sera pris ici comme exemple, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails, dont plusieurs sont inédits, sur la structure de ce bois.

Chaque couche annuelle est composée, comme l'on sait, d'une zone dite de bois d'automne et d'une zone dite de bois de printemps, remarquable par la présence de nombreux et gros vaisseaux. Le calibre de ces vaisseaux ne diminue guère dans les couches minces, mais le nombre en est moins grand. Ces vaisseaux sont entourés, ainsi que cela arrive dans presque tous les bois qui en sont pourvus, d'un cortège de cellules appartenant au parenchyme ligneux. Cette zone de printemps, riche en vaisseaux et en cellules ligneuses, pauvre en fibres, est poreuse et se distingue par une coloration plus pâle de la zone d'automne. Celle-ci est, en effet, constituée tout différemment. Les vaisseaux plus petits, moins nombreux, sont disposés en files radiales et enveloppés de parenchyme ligneux. Cet ensemble apparaît à la loupe et même à simple vue avec un peu d'habitude, sous forme de bandes grises. Entre ces bandes on en remarque d'autres plus ou moins épaisses, parallèles aux premières, mais qui s'en distinguent par une coloration brune plus ou moins foncée. Elles sont entrecoupées perpendiculairement à leur direction par des bandes plus étroites, formées de vaisseaux et de parenchyme ligneux, d'une coloration grise comme les bandes analogues radiales. Les bandes brunes sont constituées principalement par des fibres ligneuses à paroi épaisse et à lumen étroit. On y remarque bien, disséminés, quelques vaisseaux accompagnés de cellules ligneuses, mais ces éléments y sont rares, de faibles dimensions et l'on peut regarder les fibres ligneuses comme l'élément de beaucoup dominant. Les rayons, quelles que soient leurs dimensions, sont toujours bordés de bandes fibreuses, plus étroites toutefois dans leur passage à travers la zone de printemps. Quand les couches annuelles sont larges, ainsi que cela arrive lorsque la croissance est rapide, le rapport entre les surfaces occupées par les bandes brunes de fibres ligneuses et les bandes grises intercalaires est plus considérable que lorsque les couches sont minces. Les premières sont, en effet, plus larges et s'étendent d'un bord à l'autre de la zone d'automne en conservant toujours la même largeur. Au contraire, dans les couches minces, le rapport entre les deux natures de bandes est plus faible. Les bandes brunes sont plus minces, plus courtes et se terminent en pointe, elles sont cunéiformes. C'est ce qui a lieu dans les Chênes peu vigoureux, de même que dans les couches les plus récentes des vieux Chênes, même quand ceux-ci ont eu une végétation

active dans leur jeunesse. De cet état de choses résultent plusieurs faits importants :

1° Le bois de Chêne présente des qualités industrielles (dureté, incorruptibilité), d'autant plus précieuses que sa croissance est plus rapide, non seulement parce que la proportion de bois d'automne y est plus considérable (1), mais encore parce que ce bois d'automne est plus riche en fibres ligneuses et moins riche en éléments mous et d'une altération facile (vaisseaux et cellules ligneuses).

2° Le bois d'un Chêne déjà âgé est meilleur dans sa partie centrale que dans sa partie périphérique, correspondant à la phase de ralentissement de la croissance.

La structure qui vient d'être décrite est la même pour des couches d'égale épaisseur, qu'il s'agisse de l'aubier ou du cœur, mais la coloration des bandes, et surtout des bandes fibreuses, est notablement plus foncée dans cette dernière région. Il reste à voir quelle en est la cause.

Action du perchlorure de fer sur le bois de Chêne. — Si l'on dépose une goutte de perchlorure de fer à la surface du cœur de Chêne, on voit noircir d'abord les bandes grises dont il vient d'être question. Les bandes brunes ne tardent pas à noircir à leur tour, et au bout de peu de temps on les distingue difficilement des autres. D'après cette réaction, il semblerait que le tannin se trouve réparti en égale quantité dans les deux sortes de bandes, et que même il y en a davantage dans les bandes grises, puisqu'elles noircissent les premières. Telle n'est pas cependant la conséquence qui découle de l'action de ce réactif quand elle a lieu sous le microscope. Dans ce cas la coloration bleue se localise sur les fibres ligneuses, ou du moins les vaisseaux, ainsi que les cellules des rayons et du parenchyme ligneux, sont moins vivement teints. La coloration est surtout vive au voisinage du lumen des fibres, puis elle va en diminuant, de sorte que la partie la plus vivement teinte de chaque fibre se trouve séparée de la suivante par une auréole incolore ou très faiblement colorée. C'est donc dans la paroi des fibres et surtout dans la partie centrale de cette paroi, que le tannin se trouve principalement accumulé. Les rayons et le parenchyme ligneux en renferment aussi, puisque le perchlorure de fer déposé sur un fragment de bois le noircit, mais cette substance s'y trouve en trop faible quantité pour que, sur des coupes aussi minces que les préparations microscopiques, la coloration soit bien sensible. Si, après le dépôt d'une goutte de sel de fer sur le bois, les bandes brunes se colorent moins rapidement que les bandes intercalaires, c'est parce que, en raison de la densité de la paroi de leurs éléments, il faut plus de temps au réactif pour y pénétrer que pour imbiber les parois

(1) Bien que la zone poreuse de printemps soit généralement plus étroite dans les couches d'accroissement minces que dans les couches larges, la différence est encore plus considérable pour la zone d'automne. Il s'ensuit que, si l'on compare des couches minces à des couches larges, le bois des premières est plus mou, parce que, sur un espace déterminé, les zones de printemps sont plus nombreuses et aussi parce que la surface relative qu'elles occupent est plus grande.

des cellules radiales et ligneuses. Mais, quand le réactif a fini par s'y introduire, comme il y rencontre plus de tannin, la coloration ne tarde pas à devenir plus intense que dans les bandes grises.

Le perchlorure de fer déposé sur l'aubier produit une coloration plus faible. Sur une préparation microscopique la coloration est même à peu près nulle. Puisque, d'après les nombres cités plus haut, l'aubier renferme environ 1 pour 100 de tannin, il semble que ce chiffre représente la limite à laquelle le tannin peut être décelé au microscope par ce réactif. Or, dans beaucoup d'essences, l'Orme de montagne, par exemple, chez lesquelles le cœur est cependant très distinct, ce sel ne fait apparaître aucune coloration sous le microscope. On peut en conclure que dans ces essences le bois renferme moins de 1 pour 100 de tannin.

Les sels de fer sont donc des réactifs peu sensibles pour déceler le tannin, mais par cela même ils ont leur utilité, puisqu'ils permettent de reconnaître les éléments et même les parties de ces éléments dans lesquelles le tannin se trouve le plus abondant : distinction qu'on ne pourrait faire par des réactifs sensibles, qui coloreraient le tout avec intensité.

Si on laisse macérer dans l'eau pendant plusieurs heures une section microscopique de cœur de Chêne, le tannin ne disparaît pas; l'eau cependant en extrait une faible quantité. Si la macération a lieu dans une solution de potasse, celle-ci se charge bien de tannin, mais le bois, même au bout de plusieurs heures, en retient encore une notable proportion. Le tannin, autant qu'on peut en juger par les réactions des sels de fer, paraît donc, dans le cœur de Chêne, être combiné avec la membrane des fibres ligneuses, comme il l'est avec la peau dans le cuir. On comprend dès lors pourquoi le cœur de Chêne résiste si longtemps à la putréfaction. Il s'agit ici d'une imprégnation des membranes par une substance antiseptique, imprégnation bien plus intime et plus efficace que les injections faites par l'homme pour préserver les bois. Voilà pourquoi le cœur de Chêne conserve si longtemps son tannin à l'air et même sous l'eau. J'ai constaté que des pièces de Chêne, retirées du fond d'une rivière et sous des alluvions où elles avaient dû séjourner pendant plusieurs siècles, noircissaient d'une manière intense par le perchlorure de fer. Ce tannin est évidemment engagé dans des combinaisons organiques, car les réactifs ne peuvent en extraire qu'une fraction très minime. On sait au contraire combien les écorces de Chêne perdent facilement leur tannin. Il faut avoir soin de les tenir à l'abri de la pluie, et même de l'humidité. En effet, dans l'écorce le tannin se trouve contenu à l'état libre dans les éléments du liber mou; la paroi des fibres libériennes, contrairement à ce qui se passe pour les fibres ligneuses, n'en renferme pas trace. En traitant une section d'écorce de Chêne par le perchlorure de fer, on voit tous les éléments du liber se colorer en bleu foncé, à l'exception des fibres libériennes. L'effet produit par le réactif est donc complémentaire de celui qui a lieu dans le cœur, où les fibres ligneuses sont les éléments qui renferment le plus de tannin. On conçoit par conséquent que l'eau enlève plus facilement cette substance à l'écorce qu'elle ne l'enlève au bois parfait.

Action du bichromate de potasse, du chloromolybdate d'ammoniaque et

de la potasse caustique. — Le perchlorure de fer est, ainsi que je l'ai fait remarquer plus haut, un réactif microchimique peu sensible du tannin. En effet, quand la quantité de tannin libre ou combiné avec la paroi des éléments est peu considérable, la coloration s'apprécie difficilement. J'ajouterai que les résultats fournis par ce réactif manquent de netteté. Le composé qu'il forme avec le tannin est diffusé ; par suite, lorsqu'une cellule renferme du tannin libre tandis que la cellule voisine n'en contient pas, celle-ci se trouve néanmoins un peu colorée. Aussi l'emploi de réactifs plus sensibles et plus précis est-il indispensable pour reconnaître dans les tissus la présence de faibles quantités de tannin. On se sert pour cela de bichromate de potasse et de chloromolybdate d'ammoniaque. Le premier est le plus sensible. Il colore le tannin en roux si cette substance est en faible quantité et en brun foncé dans le cas contraire. Il suffit pour cela de plonger la préparation pendant quelques secondes dans une solution de moyenne concentration, puis de la laver et de l'examiner dans l'eau.

Lorsqu'on applique cette réaction au bois de Chêne, on remarque que dans l'aubier le contenu des rayons et des cellules du parenchyme ligneux se colore en brun roux et la paroi des fibres ligneuses en roux très pâle. C'est donc principalement dans les premiers de ces éléments que se trouve le tannin. Dans la partie périphérique du cœur, les fibres ligneuses se colorent plus fortement que dans l'aubier, aussi fortement et quelquefois plus que les cellules du parenchyme ligneux. Quant aux rayons, cela varie suivant les échantillons. Tantôt ils sont colorés fortement, tantôt ils ne le sont qu'un peu et quelquefois même ils restent incolores. Dans le cœur la paroi des fibres ligneuses renferme donc plus de tannin que dans l'aubier, les rayons en contiennent moins. Enfin dans la partie centrale du cœur, quand il s'agit d'un arbre âgé, les rayons peuvent ne plus en renfermer.

Quant au liber, les réactions donnent à peu près les mêmes résultats qu'avec l'emploi du perchlorure de fer. Les éléments du liber mou et les rayons se colorent fortement, les fibres libériennes au contraire ne se colorent pas. C'est le suber qui se colore avec le plus d'intensité et surtout les assises les plus jeunes de ce tissu.

En étendant ces recherches aux Robinier, Châtaignier, Noyer, on obtient à peu près les mêmes résultats. Les cellules des rayons et du parenchyme ligneux renferment du tannin libre, la paroi des fibres ligneuses contient du tannin combiné. Mais les colorations sont moins vives que dans le Chêne, ce qui indique une proportion de tannin moins considérable.

Dans les autres essences qui passent pour n'avoir pas de duramen (Hêtre, Charme, Érable, Bouleau, Orme), on constate que les rayons se colorent plus fortement dans la région centrale qu'à la périphérie. Et cela même dans le Charme, qui, de toutes nos essences indigènes, est certainement celle dont le bois présente le plus d'homogénéité. Les différences de coloration plus ou moins accentuées, que sur une section fraîche et unie on remarque dans toutes ces essences entre la région centrale et la périphérie, deviennent plus sensibles par le bichromate ; souvent même dans la première les parois des fibres ligneuses se teintent légèrement et aussi le contenu des cellules ligneuses ; ce

qui prouve que ces éléments y sont plus riches en tannin et que, même dans ces essences, il y a en réalité un cœur, différant seulement moins de l'aubier que dans la catégorie précédente.

Le chloromolybdate d'ammoniaque peut être placé, au point de vue de la sensibilité, entre le perchlorure de fer et le bichromate de potasse. La coloration qu'il communique au tannin se rapproche de celle du bichromate. Elle est seulement d'un jaune plus verdâtre. La solution de potasse produit des colorations variant du brun roux au jaune orangé.

En somme, les colorations acquises par le tannin sous l'influence des trois réactifs dont il vient d'être question sont voisines les unes des autres, et l'on peut en conclure que ceux-ci agissent d'une manière analogue sur le tannin. Ils sont en effet très oxydants les uns et les autres, et c'est une action oxydante qu'ils produisent sur lui. C'est là un point important à retenir, car il permettra d'expliquer les faits qui vont maintenant être exposés.

II

Des colorations acquises par les bois au contact de l'air.

Lorsqu'un arbre vient d'être abattu, on remarque que la surface de section se colore plus ou moins rapidement en brun-roux. Ainsi, tandis que le bois d'Aune rougit sur la section quelques minutes après l'abatage, il faut parfois au bois de Hêtre plusieurs semaines pour que le changement de teinte soit complet. La coloration des bois fraîchement coupés est générale dans toutes les essences, mais elle se manifeste avec des différences d'intensité très sensibles. Dans l'Aune elle est plus vive que dans le Bouleau, dans le Hêtre que dans le Charme. Elle varie aussi suivant les stations, suivant les individus et pour un même individu suivant le niveau considéré. Ainsi la coloration est en général très intense sur les surfaces de sections transversales faites à la base de l'arbre, puis elle décroît sur celles qui sont pratiquées à des niveaux de plus en plus élevés. Enfin, pour une même section, l'intensité varie suivant les places. Dans les Hêtres d'âge moyen, c'est la partie centrale qui est la plus colorée ; la partie périphérique l'est beaucoup moins. Dans les Hêtres plus âgés (cent ans et au delà), la partie centrale et la partie périphérique sont incolores, la partie intermédiaire étant seule colorée. Dans le Chêne, l'aubier se colore plus au contact de l'air que le cœur. La teinte est la plus vive dans les couches voisines du liber. Ces parties deviennent, sous l'action du perchlorure de fer, d'un bleu d'autant plus foncé qu'elles sont d'un roux plus intense. Quand la coloration acquise au contact de l'air est très faible, la teinte produite ensuite par le réactif est d'un vert pâle. Lorsque cette coloration est plus foncée, le sel de fer

fait varier la teinte du bleu au noir. L'empreinte de la cognée ou des coins de fer introduits dans la fente d'abatage est souvent indiquée par des taches noires.

Cette coloration du bois est toute superficielle. Elle disparaît à un millimètre au-dessous de la surface. En examinant au microscope une section pratiquée dans cette partie colorée, on remarque que la teinte est due à une coloration plus intense du contenu des cellules radiales et des cellules du parenchyme ligneux ainsi que de la paroi des fibres ligneuses.

L'action des sels de fer et du bichromate de potasse permet de reconnaître que la substance qui se colore ainsi au contact de l'air est du tannin. Puisque cette coloration est la même que celle produite sur le tannin par les réactifs oxydants, on est autorisé à dire qu'elle résulte d'une oxydation. Cette oxydation est d'ailleurs le plus souvent incomplète, car le bichromate de potasse fonce la teinte.

Dans le Hêtre le bois acquiert une coloration plus vive sur les sections pratiquées au moment de l'abatage que sur celles effectuées un certain temps après. De plus, la surface de section de la souche est plus colorée que la surface de section correspondante du fût et l'intensité va en diminuant dans les parties élevées de l'arbre. L'observation montre, en effet, que non seulement le tannin s'est coloré sur la surface de section, mais qu'il s'y trouve en quantité plus considérable que dans les tissus sous-jacents, ce qui ne peut s'expliquer que par un épanchement de cette substance. S'il s'en trouve plus sur la surface de section de la souche, c'est parce qu'il s'y déverse plus de liquide chargé de tannin que sur la surface correspondante du fût. Cet épanchement ne va pas cependant jusqu'à une diffusion complète, et les régions qui, sur une même section, renfermaient auparavant le plus de tannin, sont celles qui continuent à en être le plus chargées ; aussi leur coloration est-elle plus foncée (bois d'automne de chaque couche annuelle).

Reste maintenant à expliquer pourquoi certaines régions, telles que le cœur du Hêtre ou du Chêne, quoique renfermant manifestement du tannin, ne se colorent presque pas à l'air. Cela tient à ce que cette substance n'y est pas à l'état libre, mais s'y trouve surtout fixée sur les membranes des éléments. Dans ce cas, elle ne peut être entraînée à la surface de section avec les liquides qui s'y déversent au moment de la coupe. C'est ce qui explique pourquoi le cœur exposé à l'air brunit souvent moins que l'aubier. Dans les Hêtres âgés, c'est le bois intermédiaire entre la région centrale et la région périphérique qui se colore le plus vivement. Cette dernière, en effet, renferme peu de tannin et la première contient surtout du tannin combiné.

La coloration s'efface sensiblement à mesure que le bois se dessèche. Quand on humecte la surface de section desséchée, la coloration devient

un peu plus vive, sans cependant reprendre son intensité première, probablement parce que l'imbibition n'a lieu que sur une faible épaisseur. La coloration diminue de nouveau par la dessiccation (1).

On remarque cependant que la coloration du bois sec s'accroît avec le temps d'une manière plus ou moins appréciable suivant les essences. Parfois la teinte du vieux bois est plus foncée que celle du bois, même fraîchement coupé. Le cœur d'un Chêne est brun clair quand l'arbre vient d'être abattu. La coloration augmente peu à peu au point de devenir presque noire. Cet accroissement de coloration est dû à ce que le tannin n'arrive pas tout de suite à son maximum d'oxydation. Celle-ci se poursuit pendant de nombreuses années (2).

Le liber et l'écorce, très riches en tannin, comme on le sait, se colorent aussi quand ils sont exposés au contact de l'air. Lorsqu'on entaille ces tissus, on voit apparaître sur la surface de section une teinte ocreuse ou brune, suivant la richesse en tannin. Le contenu des éléments parenchymateux du liber se colore, puis la dessiccation survenant, ce contenu s'agglomère contre la paroi en même temps que les éléments perdant leur turgescence s'aplatissent tangentielllement.

Dans une écorce desséchée, la membrane des éléments est seule colorée, le lumen paraissant vide. C'est ce qui se présente aussi dans les lames de suber, ainsi que dans la plupart des tissus qui se dessèchent (celui des feuilles, par exemple). Cette teinte brune, si générale dans les organes dépérissants, et connue sous le nom de feuille morte, est due à l'oxydation du tannin qui imprègne tout le contenu cellulaire, coagulé et massé contre la paroi.

III

Oxydation spontanée du tannin dans les tissus.

Ce n'est pas seulement au contact de l'air que se produit l'oxydation du tannin. Elle a lieu aussi spontanément dans l'intérieur des tissus. Qu'on examine en effet une section pratiquée dans le cœur d'un Chêne, on remarquera que beaucoup de cellules radiales renferment de petites masses orangées, formées par la réunion de fines granulations, masses analogues à celles qu'on voit apparaître dans les rayons et les cellules du liber, après un certain temps d'exposition à l'air. Ces masses se colo-

(1) Ces variations de nuance sont liées aux variations dans la proportion d'eau dont la présence, en quantité plus ou moins considérable, modifie la teinte de bien des corps, et en particulier celle du bois.

(2) On remarque que sur les rondelles des collections, le bois caché sous les étiquettes et soustrait ainsi dans une certaine mesure aux renouvellements d'air, reste plus pâle que le bois voisin.

rent en bleu-gris ou noirâtre par le perchlorure de fer, et leur teinte ocreuse devient plus intense par le bichromate de potasse. Elles sont donc formées principalement de tannin et, d'après ce qui précède, ce tannin est en partie oxydé. Le nombre des éléments renfermant cette substance est plus grand et la coloration en est plus vive dans les couches anciennes que dans les couches nouvelles du cœur. On remarque que ces éléments sont précisément ceux qui dans l'aubier renferment de l'amidon. D'une manière générale, on peut dire que dans l'aubier les rayons et le parenchyme ligneux contiennent de la matière amylacée, tandis que dans le cœur il s'y trouve du tannin oxydé et entraîné dans la coagulation du contenu cellulaire. Cette distinction concerne surtout les bois à cœur bien apparent, elle n'est cependant pas absolue. Ainsi on rencontre parfois dans les rayons de l'aubier un peu de tannin oxydé, conjointement à de l'amidon, de même qu'on peut trouver exceptionnellement dans les rayons, et surtout dans le parenchyme ligneux du cœur, des granules amylacés. Lorsque le bois parfait est moins discernable de l'aubier (Hêtre, Bouleau, Charme), les rayons renferment de l'amidon, même dans des couches anciennes, en moindre quantité toutefois que dans les jeunes couches. Inversement, la présence du tannin oxydé s'observe parfois dans celles-ci.

Le tannin oxydé se rencontre dans d'autres éléments que les rayons et le parenchyme ligneux ; les fibres ligneuses et les vaisseaux peuvent en contenir. Si l'on examine, par exemple, la partie centrale d'un arbre parvenu à un âge avancé, bien variable du reste suivant les essences, on remarque que les cellules médullaires, surtout celles de la périphérie, ainsi que les éléments du bois primaire (trachées, vaisseaux et fibres), ont non seulement les parois revêtues d'une teinte ocreuse brune, mais encore que leur lumen est obstrué par des bouchons plus ou moins espacés de masses amorphes ayant la même nuance et qui présentent au plus haut degré les réactions du tannin.

Ces caractères s'étendent souvent bien au delà du bois primaire, mais ils vont en s'atténuant. Parfois ils affectent entièrement le cœur. Tous les éléments (paroi et contenu) sont alors imprégnés de tannin, ce qui donne à cette région une coloration très foncée, variant du roux au brun. Ce cas se présente surtout dans les essences qui passent pour n'avoir pas de bois parfait distinct (Coudrier, Olivier, Sorbier, Saule). Comme d'une part cette particularité est loin de toujours s'y rencontrer et que d'ailleurs on a remarqué que le bois offrant cette coloration a perdu en partie ses qualités techniques, on dit qu'il est altéré. Il faut s'entendre sur ce mot. Sans doute il y a altération, mais elle est d'ordre physiologique, résultant des progrès de l'âge, et ne provient pas, dans le principe du moins, d'une décomposition. Le bois se trouve, comme je viens de le dire, im-

prégné de tannin. Il a subi ce qu'il conviendrait d'appeler la *dégénérescence tannique*. Par suite de cette imprégnation excessive, il a perdu les qualités que lui avait données une imprégnation modérée. Toutefois ses éléments ne sont nullement modifiés dans leur forme. Les choses peuvent rester longtemps en cet état. Mais ce bois, devenu sec et cassant, parfois même se réduisant en poudre, absorbe facilement l'eau qui lui parvient, et s'il se présente une circonstance où il soit en communication avec l'extérieur, comme cela peut arriver à la suite d'une rupture de branche ou de racine, d'une fissure du tronc, ou même sans qu'il y ait lésion, si l'eau contenue dans le corps de l'arbre pénètre jusqu'à la partie centrale, il s'en imbibe, et alors la décomposition commence. C'est là une distinction qu'il importe d'établir. Ce qu'on appelle *pourriture rouge* du bois n'est nullement une pourriture, au début du moins. Ce n'est autre chose que la dégénérescence tannique due, dans quelques cas, à des circonstances particulières de nutrition, le plus souvent à l'âge.

Ainsi la plupart des Hêtres âgés de plus d'un siècle ont une partie centrale colorée en brun roux plus intense que le reste du bois (cœur rouge, cœur flambé). Au centre de cette région brune il existe presque toujours une fente étroite parcourant l'arbre du haut en bas (Waldriss). On regarde cette fente comme se produisant antérieurement à l'apparition du cœur rouge, à la suite d'une carie causée par une rupture ou un élagage de branche. Les eaux pluviales, en pénétrant par cette branche cariée, détruiraient peu à peu le bois suivant l'axe, ce qui produirait la fente et par suite la décomposition de tout le tissu environnant. Cette explication paraît d'autant plus vraisemblable que le bois est plus brun dans le voisinage immédiat de la fente qu'à une certaine distance. Les choses ne semblent pas cependant se passer ainsi. D'abord la rupture et l'élagage d'une branche ne sauraient être regardés comme causes de la formation du cœur rouge ; ce sont là des faits accidentels, tandis que le cœur rouge existe fréquemment dans les Hêtres d'un certain âge. Il peut toutefois y avoir coïncidence, ainsi que j'ai eu l'occasion de le constater. Un tronçon de branche pourrie communique parfois avec la fente centrale ; la carie, très prononcée à l'extrémité du tronçon, va ensuite s'atténuant, pour disparaître dans le voisinage de la fente. Mais il est impossible d'admettre que celle-ci soit le résultat d'une carie, attendu que le bois qui l'entoure est souvent très dur. Enfin, l'examen de la structure du cœur rouge montre qu'il n'y a là qu'une dégénérescence tannique, laquelle suffit à expliquer la production de la fente. Le bois qui en est le siège étant, en effet, plus cassant, peut moins se plier aux tensions intérieures. Il se brise alors, par suite des courbures que prend le tronc sous l'effort du vent. L'eau provenant des tissus vivants ou de l'extérieur et s'introduisant dans le bois nécrosé, peut à la fin produire

la carie. Ce qui prouve qu'il y a circulation d'eau, c'est qu'on observe toujours contre les parois de la fente de petites concrétions blanches faisant effervescence avec les acides et paraissant être formées de carbonate de chaux. Dans le bois d'un Hêtre âgé on doit donc distinguer trois régions : l'aubier, dont les rayons renferment peu de tannin et beaucoup d'amidon ; le cœur, coloré légèrement, dans lequel les rayons renferment moins d'amidon mais davantage de tannin qui se trouve déjà en partie sous la forme de masses solides ; enfin la partie centrale du cœur d'un brun foncé, qui a déjà subi la dégénérescence tannique. Le tannin est plus abondant dans cette dernière région, incrustant non seulement les parois des fibres et des vaisseaux, mais encore remplissant leur lumen.

Dans le Hêtre, la dégénérescence tannique se produit lentement à partir de la région centrale. Mais dans d'autres essences (Coudrier, Saule), elle envahit plus rapidement le cœur, et ce qui pourrait être désigné sous ce dernier nom n'est en réalité que du bois imprégné de tannin, ayant perdu une partie de ses propriétés physiques, altéré si l'on veut, mais non pas dans le sens attribué généralement à ce terme, c'est-à-dire carié. Dans ce cas, il n'y a donc pas entre l'aubier et le bois ayant subi la dégénérescence tannique la transition qui existe dans le Hêtre.

Du reste, entre l'aubier et le cœur d'un arbre entièrement sain, on observe souvent une zone de passage. Ainsi dans le Chêne, l'Orme, il existe assez fréquemment entre le bois parfait et l'aubier quelques couches d'une teinte plus pâle que celle de la première de ces régions, plus foncée que celle de la seconde. L'amidon y est moins abondant que dans l'aubier et le tannin moins que dans le cœur. La transformation du bois en duramen s'effectue donc assez lentement et par étapes successives dans les essences où elle est le plus accentuée.

DEUXIÈME PARTIE.

DU BOIS PARFAIT DANS LES ESSENCES RÉSINEUSES.

I

Dans les résineux, il existe, de même que dans les feuillus, des essences où le cœur est très distinct de l'aubier par sa coloration et ses propriétés physiques (Pin, Mélèze, If, Cyprès), et d'autres dans lesquelles cette différence est moins appréciable (Sapin, Épicéa, Cèdre). Mais même dans celles-ci, la distinction, quoique faible, n'en existe pas moins, si l'on a soin d'examiner des surfaces de section bien unies. Ainsi, dans un

Sapin ou un Épicéa de l'âge de soixante ans et au delà, les parois des trachéides de la partie centrale sont en général plus fortement colorées par la présence du tannin qui les imprègne que celles de la partie périphérique. Les rayons de cette dernière région renferment de l'amidon, tandis que dans ceux de la première cette substance est remplacée par des masses amorphes comme dans les essences feuillues. Mais ces masses y acquièrent souvent des formes un peu différentes : celles de blocs cuboïdes ou de gouttelettes. Cela tient à ce qu'une autre substance, la résine, vient s'y ajouter. Le dépôt de résine joue en effet dans la constitution du bois parfait des Conifères un rôle plus important encore que le tannin. Non seulement elle incruste les parois des éléments, mais en outre remplit plus ou moins leur lumen. C'est l'imprégnation de la membrane des trachéides par ces deux substances qui donne au bois de Sapin la teinte orangée qui le caractérise, teinte d'autant plus intense que la quantité de tannin et de résine y est plus grande. Pour ce motif le cœur est plus coloré que l'aubier, et dans chaque couche le bois d'automne l'est plus que le bois de printemps. Lorsque la quantité de résine incrustante est considérable, comme à la base des branches de Sapin, le bois acquiert une teinte brune et un aspect translucide qui lui fait donner le nom de bois gras.

Les régions du bois imprégnées de résine se distinguent en ce qu'elles sont très dures et se coupent comme de la corne. A l'inspection microscopique, on les reconnaît d'après les caractères suivants : Le lumen des trachéides est rempli de masses brunes ou grises, amorphes ; les contours de ces éléments sont indécis. Toute la coupe apparaît alors comme estompée. En traitant la préparation par de l'acide acétique cristallisable, la résine se dissout en partie et l'on voit les masses amorphes se transformer en gouttelettes de diverses grosseurs qui se fixent sur les parois ou flottent dans le lumen. Parfois même ces gouttelettes sont animées, pendant quelques secondes après l'action du réactif, d'un mouvement gyrotoire, tout en diminuant de volume. L'alcool concentré produit un effet analogue à celui de l'acide acétique, mais d'une manière moins nette. Si son action est assez prolongée, ou si la quantité de réactif employée est suffisante, la résine se trouve dissoute presque en totalité. Aussi, dans l'emploi de la teinture d'orcanette qui colore, comme on le sait, en rouge violet la résine ainsi que les huiles grasses essentielles, convient-il de prendre certaines précautions qu'il est bon de faire connaître.

Si on laisse la préparation en contact avec cette teinture pendant un temps très court (une minute seulement), cela suffit pour que l'alcool de la teinture dissolve la résine de la préparation. Cette dernière après lavage dans l'eau est incolore. Si le contact est prolongé jusqu'à ce que le réactif ait à peu près perdu son alcool par évaporation, la préparation, quand on l'a lavée, est vive-

ment colorée et l'on constate au microscope la présence de gouttelettes rosées de grosseurs diverses dans le lumen des trachéides et contre leur paroi, ainsi que dans les rayons. Mais, en outre, on observe une grande quantité de gouttelettes de dimensions variées, lesquelles ne sont autre chose que la matière colorante qui s'est séparée. On en remarque de semblables quand sur le porte-objet on laisse se dessécher une goutte de teinture (1). L'ignorance de ce fait pourrait faire croire à la présence de résine dans un bois qui en est complètement dépourvu. Si l'on plonge, en effet, dans la teinture d'orcanette une coupe d'un bois feuillu et si on l'y laisse jusqu'à siccité, on constate la présence de fines gouttelettes. Le meilleur moyen de se servir de cette teinture pour déceler l'existence de la résine est d'en déposer une goutte sur le bord du couvre-objet, en agitant légèrement ce dernier, quand cela est nécessaire. La matière colorante se fixe alors sur les masses résineuses, dans la position où se trouvent celles-ci. Si auparavant on a fait apparaître les sphérules de résine par l'emploi de l'acide acétique, ainsi que je viens de l'expliquer, ce sont ces sphérules qui s'emparent de la matière colorante (2).

II

Causes de l'imprégnation du bois par le tannin et la résine.

Par ce qui précède, on voit que les bois parvenus à un âge plus ou moins avancé s'imprègnent de tannin dans les essences feuillues, de tannin et de résine dans les Conifères. Il me reste à examiner quelles sont les causes de cette imprégnation.

Il est à remarquer, tout d'abord, que le dépôt de tannin et de résine dans le lumen ou la paroi des éléments, s'effectue surtout à partir du moment où l'amidon disparaît des rayons et du parenchyme ligneux. On a vu, en effet, que le bois parfait se distingue de l'aubier par l'absence ou la diminution d'amidon et par l'apparition ou du moins l'augmentation de tannin. Dans les Conifères, la résine vient s'ajouter au tannin. Si l'on poursuit dans un tronc de Sapin l'examen du contenu d'un rayon depuis la périphérie jusqu'à la partie centrale, on voit qu'il renferme d'abord de

(1) De grosses gouttelettes, et même des taches colorées, apparaissent quand on traite par la teinture d'orcanette jusqu'à siccité à peu près complète une coupe de bois résineux. Cela tient à ce que la résine, d'abord dissoute par l'alcool, se précipite, entraînant la matière colorante, à mesure que l'alcool s'évapore. Mais alors les globules de résine ne sont plus à la place qu'ils occupaient.

(2) Les huiles grasses se colorent aussi par la teinture d'orcanette, mais on les distingue de la résine, parce que leurs globules se dissolvent avec difficulté dans l'alcool. On peut alors pour les déceler se contenter de plonger les sections dans la teinture et de les retirer avant dessiccation. En opérant ainsi, on reconnaît que les globules peu étudiés jusqu'ici qui se trouvent dans les rayons et les cellules du liber sont, pour la plupart, de nature oléagineuse. Il en est de même des globules qui, en hiver, existent dans les cellules palissadiques des feuilles d'If (un et quelquefois deux par cellule).

l'amidon seulement, ensuite cette substance disparaît peu à peu et se trouve remplacée par des globules ou de petites masses orangées, dans lesquels les réactifs décèlent à la fois la présence du tannin et de la résine. Souvent dans une même cellule on rencontre amidon et globules. Puis l'amidon disparaît complètement pour faire place uniquement aux globules.

D'autre part, on constate que parmi les essences feuillues, celles qui ont un cœur bien distinct par l'aspect et les propriétés physiques, sont précisément celles qui possèdent le parenchyme ligneux le plus développé (Chêne, Robinier, Orme, Châtaignier). On comprend alors la signification de cette remarque faite depuis longtemps : à savoir que les bois qui ont le duramen le mieux constitué, sont aussi ceux qui possèdent le plus mauvais aubier. Ces bois ayant, en effet, beaucoup d'amidon dans l'aubier, sont plus envahis que les autres par les insectes et les ferments. D'autre part, on a là une preuve qu'il existe une relation manifeste entre l'amidon et le tannin (1).

Bien d'autres faits montrent qu'il existe une relation étroite entre l'amidon d'une part, le tannin et la résine de l'autre.

1° Qu'on sectionne en divers points un rameau de Marronnier, on verra que souvent à la base de chaque entre-nœud la moelle et le bois primaire sont bruns. Il n'y a là aucune trace de décomposition, mais seulement un cas particulier de cette dégénérescence tannique dont j'ai parlé plus haut. Un peu en deçà et un peu au delà de cette région la moelle n'est pas colorée (2). Le même fait se présente assez fréquemment dans les endroits où une branche est atteinte d'une tumeur, par suite de courbures spontanées ou accidentelles, de fissures, de lésions ayant intéressé l'écorce et le bois. Or, dans tous ces cas, il y a eu précédemment accumulation d'amidon.

La dégénérescence tannique se produit dans maintes autres circonstances et principalement dans les tissus qui ont été le siège d'un abondant dépôt d'amidon. C'est ainsi que dans les feuilles d'Épicéa atteintes par le *Chrysomixa Abietis*, les cellules du parenchyme avoisinant l'appareil fructifère renferment

(1) En parcourant les collections de bois, on est frappé de voir combien l'aubier de Chêne est plus atteint de vermoulure que celui des autres essences. Cela tient à sa grande richesse en parenchyme ligneux et, par suite, en amidon. Cette richesse est encore augmentée par ce fait que les rondelles exposées dans les collections proviennent généralement d'arbres âgés. Les couches d'accroissement constituant l'aubier sont donc très minces. Or, ainsi que je l'ai fait remarquer, le parenchyme ligneux a d'autant plus d'importance relativement aux fibres ligneuses que les accroissements sont plus faibles. Le cœur, au contraire, est préservé de la vermoulure, peut-être plus parce qu'il ne renferme pas d'amidon qui semble être la nourriture recherchée par les insectes que parce qu'il offre à leurs attaques plus de résistance.

(2) Quand la moelle n'est pas brune à la base d'un entre-nœud de branche de Marronnier, on remarque qu'elle brunit plus à l'air que sur une section faite un peu plus haut. Le bois primaire brunit encore davantage. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de tannin localisée à chacun de ces niveaux.

beaucoup d'amidon avant la dissémination des téléutospores et apparaissent ensuite remplies d'une matière brune très riche en tannin.

2° Lorsque deux Sapins ou Épicéas se trouvent très rapprochés, ils développent peu de branches du côté où ils sont voisins. Ce côté étant moins nourri, les accroissements annuels y sont très minces. Par contre, de l'autre côté ils sont bien plus développés qu'ils ne le seraient dans le cas où l'arbre aurait conservé sa symétrie. En outre ils sont presque entièrement formés de bois d'automne, riche en tannin et coloré en orange. De ce côté il y a eu excès de matières nutritives qui parvenaient à la zone génératrice libéro-ligneuse en quantité plus considérable que celle-ci ne les utilisait. Elles ont alors servi à épaissir les parois des trachéides à mesure que ces dernières se constituaient. C'est pour ce motif que le bois d'automne est généralement plus riche en tannin que le bois de printemps.

3° Le cœur apparaît bien plus tôt et occupe relativement à l'aubier une surface plus grande dans les branches que dans la tige. En outre, les caractères en sont plus accentués. Dans le tronc des Peupliers le cœur est peu apparent ; il est, au contraire, très distinct dans les grosses branches. C'est surtout au voisinage de leur insertion sur le tronc qu'il est développé. Les branches de Sapin offrent un exemple remarquable de ce fait. Jusqu'à une distance de 20 à 30 centimètres du tronc, la partie centrale est formée par un tissu d'une dureté extrême, imprégné de tannin et d'une quantité de résine telle que sur une coupe mince, on a de la peine à distinguer les éléments. Ce corps central finit en pointe. A la base des branches de Peuplier Tremble, il existe un tissu, riche en tannin qui doit être considéré comme un duramen. Ce tissu se termine aussi en pointe à une distance de 10 à 20 centimètres du tronc.

4° Les arbres qu'on soumet périodiquement à la taille, comme les arbres fruitiers traités en quenouilles, les haies d'Épine, de Charme ont un bois plus dur et plus coloré parce qu'il est plus chargé de tannin. Il est une pratique très ancienne, paraît-il, tombée presque en désuétude, qui consiste à décortiquer annuellement les arbres à la base pour les abattre l'année suivante seulement. Ils acquièrent ainsi plus de qualités et surtout plus de dureté. L'explication de ce fait n'était pas connue. J'ai constaté que dans ce cas le bois s'enrichit en tannin. Ce qui tient sans doute à ce que l'amidon inclus dans le tronc ne pouvant émigrer dans la souche par suite de la décortication, y demeure stationnaire et se transforme en tannin qui imprègne les tissus et leur fait acquérir des propriétés techniques voisines de celles qui font apprécier le bois parfait.

5° Lorsqu'il se produit dans les tissus ligneux des interruptions par suite de causes météoriques, d'accidents ou d'opérations faites par l'homme, les éléments qui bordent la plaie ou la fente se remplissent d'amidon, puis s'imprègnent de tannin et de résine. C'est ce qu'on remarque dans la tumeur du Sapin connue sous le nom de *chaudron*. Sur une section horizontale bien polie, pratiquée dans cette tumeur, on constate d'abord que la région centrale est assez souvent formée de couches circulaires où le bois est blanc, tandis qu'à partir d'une certaine distance du centre, les couches sont sinueuses, les parties

saillantes et les parties rentrantes se correspondant (1). Il est probable que la marche des accroissements s'est ainsi modifiée à partir de l'année où l'influence du parasite a commencé à se faire sentir. Le bois de ces accroissements sinueux a acquis une teinte brun roux. Le tannin y est plus abondant que dans le noyau central : résultat d'une nutrition plus active. On y remarque des lignes brunes, courtes, parallèles aux couches d'accroissement. Ce sont des fentes qui se sont produites probablement à la suite des inégalités de tension dues au développement anormal de cette partie du tronc. La teinte brune du tissu qui les borde normalement est due à la grande quantité de tannin et de résine dont il est imprégné. Parfois même on aperçoit dans ces fentes, comme dans les fentes analogues que renferme le bois de Sapin, un tissu de nouvelle formation constitué par des cellules analogues aux cellules radiales, mais de dimensions plus grandes, irrégulières et à paroi plus épaisse. Ce tissu cicatriciel qui paraît émaner d'un rayon est rempli, comme celui qui borde les lèvres de la fente, d'amidon, de tannin et de résine.

La même observation s'applique aux fentes plus ou moins larges causées sur les arbres par un froid rigoureux et connues sous les noms de gélivures et de roulures. On voit fréquemment, à la suite de ces accidents, ces fentes se remplir de résine même dans le Sapin, qui cependant ne possède pas de canaux résineux. En même temps le bois s'imprègne d'une quantité plus considérable de tannin jusqu'à une certaine distance autour de ces fentes et acquiert une teinte un peu plus foncée. J'ai vu une rondelle de Sapin dans laquelle les grosses fentes ou gélivures s'étaient ramifiées. Or, toutes les crevasses, même les plus petites, étaient bordées d'un bois plus foncé.

Le tissu qui entoure les fentes est plus riche en tannin et en résine parce que les matières nutritives s'accumulant dans les éléments de bordure se transforment en ces substances.

6° Dans les Pins maritimes qui ont subi l'opération du gemmage, le cœur acquiert un plus grand développement. Il forme des prolongements, sortes de promontoires, en regard des *quarres*. De plus, le tissu qui avoisine ces quarres se transforme en bois parfait sur une épaisseur de 1 à 2 centimètres. Ce bois est tout à fait semblable à celui de la partie centrale. Sa teinte, surtout celle de la zone d'automne, est plus orangée que celle de l'aubier. Il renferme plus de tannin et de résine. Parfois on voit le bois parfait de la région centrale rejoindre celui qui borde les quarres.

Mais ce n'est pas seulement dans le Pin maritime que les choses se passent ainsi. J'ai vu des rondelles de Chêne et de Pin sylvestre sur lesquelles avaient été pratiquées, je ne sais pour quel motif, quatre quarres intéressant la partie superficielle du corps ligneux. En face de ces quarres le cœur avait formé autant de prolongements.

(1) Ces accroissements sinueux se présentent encore dans d'autres circonstances chez le Sapin, et surtout chez l'Épicéa, et proviennent généralement d'une perturbation dans la nutrition. C'est ainsi que dans les arbres à moelle devenue excentrique par suite de la trop grande proximité d'un arbre voisin, les accroissements affectent parfois une sinuosité plus ou moins prononcée du côté où ils sont le plus développés. Le bois ainsi formé de couches sinueuses est appelé *bois madré*.

Dans ces divers cas, les matières nutritives ne pouvant être utilisées dans les parties supprimées par les quarres s'accumulaient en arrière et conformément aux exemples précédents il y avait transformation en tannin et en résine.

7° Lorsqu'une plaie a été faite à un arbre, quand une branche a été coupée, par exemple, il se produit à la surface de cette plaie des couches de bois et d'écorce qui, s'avancant de la périphérie vers le centre, tendent à la recouvrir. Ce tissu est le siège d'une nutrition très active ainsi que tous les tissus cicatriciels et comme le développement en est entravé par sa position anormale, il y a accumulation d'amidon. Il est en même temps riche en tannin.

8° On sait que les bourgeons dormants du Hêtre se transforment au bout d'un certain temps en petites masses ligneuses dans lesquelles les fibres et les vaisseaux au lieu d'être rectilignes et parallèles à l'axe sont contournées en divers sens. Ces masses sont très dures et surmontées par le bourgeon terminal qui ne pouvant être alimenté que difficilement à cause de la contorsion des tissus, finit par se flétrir. Le développement de ces petits organes ne correspondant pas à la nourriture qui leur arrive, on ne doit pas s'étonner, d'après ce qui précède, qu'ils soient riches en tannin. J'en ai vu même quelques-uns dont la partie centrale était très brune; elle se trouvait convertie en un véritable bois parfait.

9° J'ai eu l'occasion d'examiner un tronc de jeune Hêtre de 20 centimètres de tour. Cet arbre endommagé sept ans auparavant par un incendie, avait perdu son écorce sur une longueur de 40 centimètres. Il continuait néanmoins à former des bourrelets de recouvrement au bord inférieur comme au bord supérieur de la plaie (1). A la surface du bois dénudé le tissu ligneux était devenu plus brun sur une épaisseur de 3 millimètres. Ce tissu nécrosé par suite de son exposition à l'air, s'exfoliait à la surface; mais à une faible distance de celle-ci, il était au contraire très dur. Les réactifs décelaient dans tout le fragment décortiqué, la présence d'une proportion de tannin plus considérable que dans les parties situées au-dessus ou au-dessous de la décortication. La quantité en était plus grande encore dans la région nécrosée et principalement vers sa limite interne.

Ces faits peuvent s'expliquer ainsi :

La migration de l'amidon ayant été enrayée par suite de la décortication, cette substance s'était transformée en tannin. La transformation avait été plus complète encore dans la partie nécrosée; il est à remarquer que les tissus morts sont généralement riches en tannin oxydé. La teneur maxima se rencontrait à la limite de la partie nécrosée et de la partie vivante, car c'est surtout dans les tissus morts récemment que le tannin est le plus abondant. Il disparaît ensuite peu à peu, surtout par l'exposition à l'air. Cette observation est applicable aux lames de suber : ce sont les assises les plus nouvellement formées qui ren-

(1) Au-dessous du bourrelet inférieur, de même qu'au-dessus du bourrelet supérieur, le bois renfermait beaucoup d'amidon, tandis que la région décortiquée n'en contenait pas. On ne peut donc admettre que l'amidon, situé au-dessous du bourrelet supérieur, provenait des feuilles du sujet. Je ne puis expliquer la végétation de ce dernier bourrelet, après sept ans, qu'en admettant une soudure des racines avec celles d'un arbre voisin.

ferment le plus de tannin. Le bois de Hêtre qui normalement contient peu de tannin en renfermait donc ici une quantité notable.

10° Lorsqu'une branche morte est englobée dans du bois vivant, le tissu qui l'enveloppe est riche en tannin et en résine. C'est ce dont il est facile de s'assurer sur une planche de Sapin par l'examen des alvéoles dans lesquelles se trouvent logés les fragments de branches mortes, dits « nœuds noirs », si fréquents dans cet arbre.

Par les nombreux exemples que je viens de citer, je crois qu'il est impossible de méconnaître qu'une relation étroite existe entre l'amidon, d'une part, le tannin et la résine de l'autre. On a vu que ces substances se forment dans toutes les circonstances où l'amidon, par suite d'un emploi insuffisant, se trouve accumulé dans un tissu. On peut dire d'une manière générale que toutes les fois qu'on arrête la migration de l'amidon, le tannin et la résine apparaissent. Quelle est l'équation de cette transformation? C'est ce qu'il est impossible de préciser, ainsi du reste que cela a lieu pour la plupart des transformations intéressant la chimie biologique. Nous sommes certain que l'amidon se convertit en glycose dans les tissus et cependant nous ne sommes pas fixés sur le procédé. Nous apercevons bien les points de départ et d'arrivée; les phases intermédiaires nous échappent (1).

(1) Lorsqu'on pratique des incisions ou des quarres dans le bois des Pins, la résine s'écoule abondamment de tous les points de la surface ligneuse mise à nu. On attribue cet écoulement à la lésion des canaux résineux. Mais cette cause ne paraît pas être la seule, d'après ce qui précède. J'ai fait remarquer que lorsqu'une fente se produit dans le bois d'un Conifère, elle ne tarde pas à se remplir de résine, de même que tous les éléments qui la bordent. Or ce fait se présente même dans les Sapins dont le bois est entièrement dépourvu de canaux résineux. Les trachéides et les cellules radiales de bordure renferment aussi de la résine, de l'amidon et du tannin. La résine amassée dans la fente ne peut donc être considérée dans ce cas que comme provenant de ces éléments. Celle qui s'écoule d'une plaie faite dans le bois d'un Conifère pourvu de canaux résineux doit être regardée par analogie comme provenant, en partie tout au moins, d'une cause semblable.

On sait que le bois des Pins qui ont subi l'opération du gemmage est remarquable par sa dureté et sa résistance à la décomposition. On attribue ce fait à une imprégnation de résine. On devrait ajouter de tannin. Mais l'explication qu'on donne sur le mécanisme de cette imprégnation ne semble pas juste. On dit que le résinage détermine de l'intérieur à la surface de l'arbre un courant actif de térébenthine dont la portion la plus liquide s'épanche en abandonnant de la résine dans les tissus qu'elle traverse. Il est assez difficile de comprendre que la résine puisse s'épancher plus facilement des canaux résineux pour imprégner les tissus environnants, lorsque par le gemmage on donne issue à la résine contenue dans ces canaux, que lorsque ceux-ci sont intacts. C'est le contraire plutôt qui devrait avoir lieu. En réalité l'imprégnation par la résine et le tannin des bois soumis au gemmage paraît être due à un arrêt de matières nutritives sur les bords de la plaie, à leur transformation en résine et en tannin, et à une accumulation de ces substances dans les tissus voisins jusqu'à une profondeur plus ou moins grande.

III

Les principaux résultats des recherches qui précèdent peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

1° Le bois parfait ne diffère de l'aubier ni par la structure, ni par une lignification plus avancée des parois élémentaires, ni par l'existence d'une matière colorante, mais seulement par la présence d'une plus grande quantité de tannin dans les essences feuillues, de tannin et de résine dans les essences résineuses. Ces substances se rencontrent à l'état libre dans les rayons et le parenchyme ligneux, ou bien elles imprègnent la membrane des fibres ligneuses. De là résultent toutes les propriétés physiques qui distinguent le bois parfait de l'aubier : coloration, résistance plus considérable à la putréfaction, à la flexion et à l'écrasement, etc.

2° Les caractères qui distinguent le cœur de l'aubier existent dans toutes les essences, quoique à des degrés fort divers. Ils résultent de l'âge des arbres, mais peuvent apparaître à des époques différentes de l'existence de ceux-ci, suivant les conditions de milieu et de traitement. Ils atteignent leur plus haut degré dans les essences pourvues d'une abondante réserve de matière amylacée.

3° Le tannin qu'on rencontre dans le bois parfait semble, en effet, provenir d'une transformation de l'amidon. On le voit remplacer cette substance dans les éléments où elle se rencontrait. Mais le procédé par lequel s'effectue cette transformation nous reste caché ; nous ignorons de même si le tannin émigre des cellules où il s'est formé pour imprégner les parois des éléments (fibres ligneuses) qui ne renfermaient jusque-là pas d'amidon ou s'il se constitue aux dépens de la substance de ces parois.

4° J'ai cité de nombreux faits qui établissent une relation intime entre la formation du cœur et la nutrition. Ces faits autorisent à poser la conclusion suivante : chaque fois qu'il se produit une accumulation d'amidon dans un tissu ligneux soit parce que la migration de cette substance est entravée, soit parce que la quantité qui en parvient au tissu est supérieure à l'emploi qui en est fait, il y a dépôt de tannin s'il s'agit de bois feuillus, de tannin et de résine s'il s'agit de Conifères et, par suite, formation de bois parfait.

5° Le tannin qui se trouve dans les éléments du bois ou qui en imprègne les parois s'oxyde au contact de l'air et sa coloration devient plus foncée. La surface de section des bois récemment abattus acquiert alors une teinte ocreuse plus ou moins vive, analogue à celle qui s'obtient par l'emploi des réactifs oxydants.

6° Cette oxydation du tannin contenu dans le bois se produit aussi

spontanément par suite des progrès de l'âge. En même temps, cette substance s'accumule dans des éléments qui ne la renfermaient pas jusque-là (lumen des fibres ligneuses et des vaisseaux) et y forme des masses solides orangées ou brunes qui en obstruent le calibre. Le bois parfait est alors atteint de dégénérescence tannique. Sa coloration devient plus foncée. Il perd les qualités qui le faisaient apprécier. Il devient cassant et plus accessible à la pourriture. La dégénérescence tannique envahit en premier lieu la moelle annulaire et le bois primaire et souvent la moelle, puis elle gagne le bois secondaire. Cette oxydation du tannin se produit-elle aux dépens de la paroi des éléments? D'autre part, pour que le tannin puisse ainsi s'accumuler dans les parties les plus âgées du cœur, faut-il admettre que les parties plus jeunes de cette région ne sont pas complètement dépourvues de vie comme on le croit? Autant de questions qui réclament de nouvelles recherches.

M. Camus fait à la Société la communication suivante :

HERBORISATION DE LA SOCIÉTÉ A MONTIGNY-SUR-LE-LOING (SEINE-ET-MARNE),
par **M. G. CAMUS**.

J'ai l'honneur de présenter à la Société les résultats de notre herborisation à Montigny-sur-Loing. Départ de Paris le dimanche 17 juillet, à 7 h. 35 min. du matin (gare de Lyon); arrivée à Montigny à 9 h. 48 m. — La récolte ne se fit pas attendre; nous avons trouvé dans la gare même et entre les rails de la voie ferrée : *Polycnemum arvense*, *Corrigiola littoralis*, *Diplotaxis muralis* et *Eragrostis poæoides* P. B. (1). Un tel début était de bon augure. Nos confrères MM. Jeanpert et Luizet, qui avaient déjà exploré plusieurs fois cette riche région, contribuèrent, en nous servant de guides, au beau résultat que devait produire cette journée.

Aux environs de la gare, en nous dirigeant vers le village de Montigny, nous avons recueilli dans les champs côtoyant la route : *Euphorbia Gerardiana*, *Lactuca perennis*, *Hypericum microphyllum*, *Tragopogon orientalis* (plante assez commune dans les environs de Paris, bien que non signalée dans la plupart des Flores).

Dans le village de Montigny, au pied d'un talus bordant la route : *Tordylium maximum*, *Diplotaxis muralis*.

Après avoir traversé la rivière, dans un bois marécageux, nous avons

(1) Cette intéressante Graminée a été retrouvée cette année par notre zélé confrère, M. Jeanpert, dans les gares suivantes : Nemours, Ballancourt, Corbeil, Évry-Petit-Bourg, Ris-Orangis. (Note ajoutée pendant l'impression.)